EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER VERSCHIEDENE EIGENSCHAFTEN EINIGER PLASTISCHER FÜLLUNGSMATERIALIEN

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

vorgelegt von

Gustav Artur Kootz

Saarbrücken

1974

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547303_0010

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität des Saarlandes
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Stüben

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER VERSCHIEDENE EIGENSCHAFTEN EINIGER PLASTISCHER FÜLLUNGSMATERIALIEN

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

1974

vorgelegt von
Gustav Artur Kootz
geb. am 20.7.1939 in Dudweiler

Dekan: Prof. Dr. med. G. A. Jutzler

Referenten: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Stüben
Prof. Dr. med. dent. G. Ködel

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Die mündliche Prüfung wurde am 11. 9. 1974 abgelegt.

INHALTSÜBERSICHT

		Seite
Einleitung		2
Experimenteller Teil		4
I.	Zusammensetzung der Kunststoffe aus organischen und anorganischen Bestandteilen	4
II.	Oberflächenbearbeitung	7
III.	Die Randständigkeit der Füllungsmaterialien in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis	26
IV.	Reaktionswärme	30
V.	Farbbeständigkeit	33
VI.	Toxizität	34
Zusammenfassung		36
Schrifttum		37
Lebenslauf		

EINLEITUNG

Vor etwa 25 Jahren hat man erstmals die schnellhärtenden Kunststoffe zur Füllungstherapie eingesetzt. Damals bestanden die Kunststoffe fast ausschließlich aus Methacrylaten. Ein entscheidender Nachteil dieser Methacrylat-Füllungen ist ihr im Vergleich zum Zahnhartgewebe zu hoher thermischer Ausdehnungskoeffizient. Er führt auf Grund der ständigen Temperaturschwankungen in der Mundhöhle zu Randspaltbildungen, Randverfärbungen und schließlich zur sekundären Randkaries. In der Folgezeit hat man versucht, den Kunststoff in seinem thermischen Ausdehnungskoeffizienten durch Beimengung von anorganischen Füllstoffen, von Glasfasern und -perlen, Porzellanpulver oder Aluminiumoxid dem Zahnhartgewebe anzugleichen (1). Auch danach haben sich die Kunststoffe als Füllmaterial in der Praxis nicht entscheidend durchsetzen können.

Nach den Methacrylaten sind auch chemisch andersartig aufgebaute Kunststoffe, wie z. B. die Aziridinopolyester (CADURIT), in der Zahnheilkunde als Füllmaterialien erprobt worden. Leider haben auch sie unsere Forderungen an ein Füllmaterial nicht erfüllen können.

Schließlich sind hier noch die Epoxid-Kunststoffe zu nennen, die wegen ihrer kontraktionslosen Härtung und guten Klebekraft primär interessant erscheinen. Ein Vertreter dieser Gruppe ist das ADDENT. Über seine chemische Zusammensetzung und seine physikalischen Eigenschaften unterrichtet uns eine Arbeit von GODT (2). Die endgültige klinische Beurteilung dieses Füllmaterials steht noch aus; ein abschließendes Urteil über die ADDENT-Produkte ist heute noch nicht zu fällen.

In jüngster Zeit ist von der Fa. KULZER ein neues Kunststoff-Füllmaterial entwickelt worden, das zunächst unter der Versuchsbezeichnung F_1 und heute unter dem registrierten Warenzeichen PALAKAV hergestellt wird.

Erste werkstoffkundliche und klinische Erfahrungsberichte (3, 4, 5, 6) liegen bereits vor. Danach verdient der Kunststoff PALAKAV allgemeines Interesse, weil er nicht nur wie die bisher benutzten Materialien die präparierte Kavität niveaugerecht auffüllt, sondern sich darüber hinaus an das angrenzende Zahnhartgewebe chemisch bindet; durch einen dauerhaften chemischen Verband Hartgewebe-Füllmaterial können viele Probleme unserer heutigen Füllungstherapie, wie z. B. die Randspaltbildung, Randverfärbung und Randkaries, einer Lösung näher gebracht werden.

In meiner Arbeit sollen nun einige Eigenschaften des neuen Kunststoff-Füllmaterials PALAKAV mit den Eigenschaften bereits eingeführter Füllungsmaterialien verglichen werden. Hierbei soll unter anderem festgestellt werden, ob das PALAKAV in Bezug auf Randständigkeit, Farbbeständigkeit und Reaktionswärme unsere an ein modernes Füllmaterial zu stellenden Forderungen erfüllen kann.

EXPERIMENTELLER TEIL

I. Zusammensetzung der Kunststoffe aus organischen und anorganischen Bestandteilen

Soll die Indikationsbreite eines Kunststoff-Füllmaterials sämtliche Kavitätenklassen umfassen, so muß das Präparat neben Farbbeständigkeit und Volumenbeständigkeit eine große Härte und Druckfestigkeit aufweisen. Die Stabilität eines Kunststoffes wird durch seine chemische Zusammensetzung und das Verhältnis von organischen und anorganischen Bestandteilen gegeben. So war es interessant zu ermitteln, ob sich die in meiner Versuchsreihe einbezogenen Füllmaterialien aus organischen, aus anorganischen oder aus organisch-anorganischen Verbindungen zusammensetzen.

Versuchsbeschreibung

Bei Durchlicht und einer 375-fachen Vergrößerung wurde das Pulver des PALAKAV (Farbe 212) und des PALAVIT 55 sowie die Paste des ADDENT 35 fotografiert. Danach wurden diese Kunststoffe im angerührten und erhärteten Zustand wiederum fotografiert und schließlich vorsichtig über 15 Minuten auf 300^{o} erhitzt mit dem Ziel, den organischen Anteil rückstandslos zu verbrennen.

Versuchsergebnisse

1. PALAKAV (Farbe 212)

Anhand Abb. 1 läßt sich feststellen, daß PALAKAV auch aus anorganischem Material besteht. Denn durch das vorsichtige Erhitzen erhärteter PALAKAV-Proben auf 300^{o} C bleibt der nicht verbrannte anorganische Anteil zurück, der aus Glasperlen besteht (1). Dieser sehr hohe Glasanteil verleiht dem Kunststoff eine solch hohe Transparenz, daß durch die Eigenfarbe des Zahnes die endgültige Farbe der Füllung mitbestimmt wird.

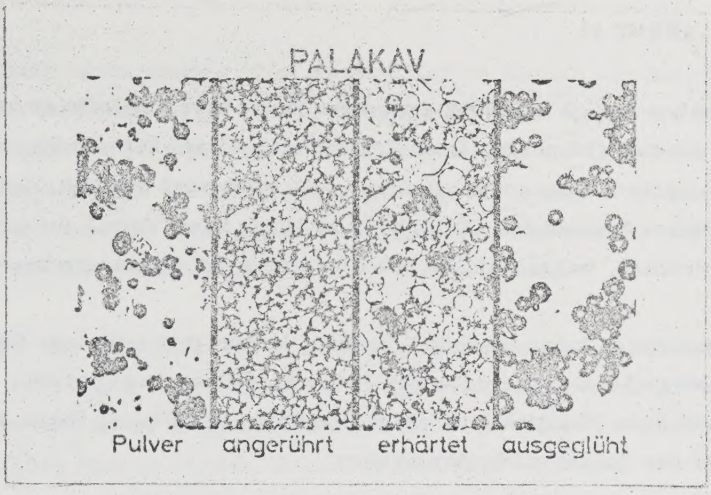


Abb. 1. Das Füllmaterial PALAKAV in verschiedenen Zustandsformen. Die Glasperlform des Pulvers ist im ausgeglühten Zustand erhalten geblieben:PALAKAV muß ebenfalls anorganische Materialien enthalten, da nach dem Ausglühen glasperlähnliche Kugeln zu erkennen sind. (Vergr. 375x).

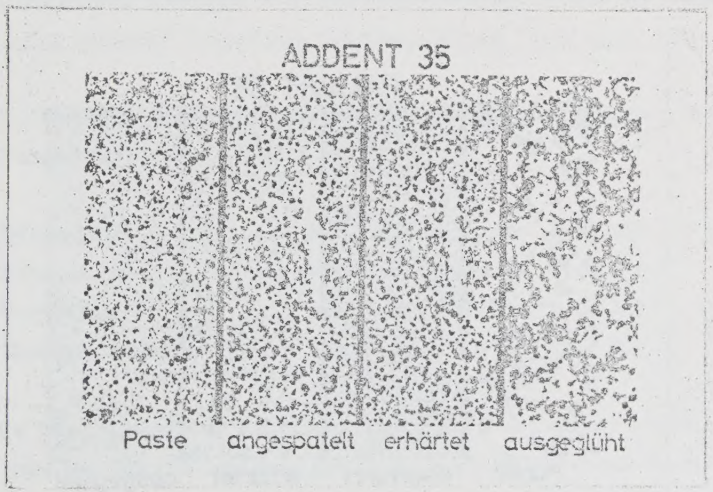


Abb. 2. Das Füllmaterial ADDENT 35 in verschiedenen Zustandsformen. Keine sichtbare Veränderung zwischen der noch nicht erhärteten und erhärteten Paste. Nach dem Ausglühen wird der anorganische Anteil sichtbar. (Vergr. 375x).

2. ADDENT 35

Auch aus Abb. 2 ist in der erhärteten Probe eine Perlform zu erkennen, die ebenfalls im ausgeglühten Zustand noch klarer hervortritt, weil die organische Substanz verbrannt ist. Außerdem wird deutlich, daß im ausgeglühten Zustand das ADDENT 35 zu einem hohen Anteil aus anorganischen Materialien, wahrscheinlich aus Glasperlen und Glasfasern besteht.

Durch diesen hohen Glasanteil bedingt, kommt man mit einer Farbe im Frontzahnbereich und mit einer Farbe im Seitenzahngebiet aus, da ebenso wie beim PALAKAV die endgültige Farbe der Füllung durch die Eigenfarbe des Zahnes mitbestimmt wird.

PALAVIT 55 enthält im Gegensatz zu PALAKAV und ADDENT keine glasperlenähnliche, anorganische Materialien. Hier ist im ausgeglühten Zustand der anorganische Anteil sehr gering. Wahrscheinlich sind es nur einige Metalloxide, die die Farbe des Kunststoffes bestimmen.

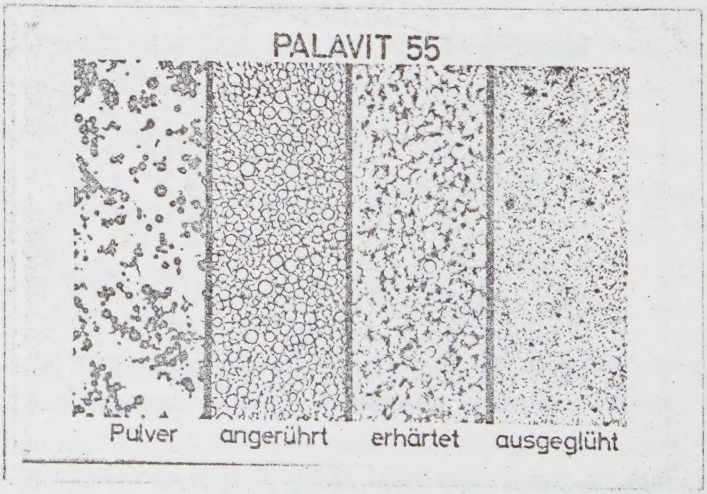


Abb. 3. Das Füllmaterial PALAVIT 55 in verschiedenen Zustandsformen. In der ausgeglühten Probe sind nur kleinste anorganische Bestandteile, wahrscheinlich Metalloxide, zu erkennen. (Vergr. 375x).

II. Oberflächenbearbeitung

Die Oberflächenbearbeitung eines Kunststoffes ist deshalb von Bedeutung, weil die Ritzhärte (7) und Farbkonstanz (8) durch eine gute Politur gesteigert werden. MEYER (9) hat bewiesen, daß die Verfärbung vom Rauhigkeitsgrad der Oberfläche beeinflußt wird. Um vollkommen glatte Oberflächen zu erhalten, muß zunächst ein Feinschliff hergestellt werden, an dem anschließend die Politur erfolgen kann.

BURKART und WEIKART (10) unterscheiden scharf zwischen Feinschleifen und Polieren. Ein Feinschliff ist ein spanabhebender Vorgang, bei dem Rillen und Grate entsprechend den stufenweise feiner werdenden Schleifmitteln kleiner werden. Beim Polieren aber werden die Grate abgetragen, zum Teil jedoch auch in die Rillen geschoben.

Da nun die einzelnen Bearbeitungsphasen wegen ihres fließenden Übergangs schwierig voneinander zu trennen sind, hat man sich auf die Rauhtiefe als Maßeinheit geeinigt. Die Rauhtiefe ist definiert als die Differenz zwischen der höchsten Gratspitze und dem tiefsten Punkt einer Rille.

JUNG (11) gibt vom Grobschliff bis zur Hochglanzpolitur folgende Werte für die Rauhtiefen an:

Grobschliff	= von	27,00 My bis	8,00 My
Feinschliff	= von	8,00 My bis	0,60 My
Vorpolitur	= von	0,60 My bis	0,25 My
Hochglanzpolitur	= von	0,25 My bis	0,00 My

Durch die Bestimmung der Rauhtiefe erfolgt aber noch keine ausreichende Angabe über die Oberflächenrauhigkeit. Sie wird definiert als Quotient von Riefenabstand und Rauhtiefe: Bei großem Riefenabstand und gegebener Rauhtiefe liegt eine geringere Rauhigkeit vor als bei gleicher Rauhtiefe mit geringerem Riefenabstand.

Versuchsbeschreibung

Zu den Versuchen wurden die Präparate PALAKAV, PALAVIT 55, ADDENT 12 und ADDENT 35 herangezogen. PALAKAV wird in allen weiteren Versuchen in drei verschiedenen Mischungsverhältnissen geprüft:

M 1 = 1 g Pulver, 0,34 ml Flüssigkeit, 27 mg Starterpaste
M 2 = 1 g Pulver, 0,43 ml Flüssigkeit, 27 mg Starterpaste
M 3 = 1 g Pulver, 0,52 ml Flüssigkeit, 27 mg Starterpaste

Bei den anderen Füllungsmaterialien werden die von den Firmen angegebenen Anrührvorschriften streng eingehalten. Bei ADDENT 12 und ADDENT 35 kam das von der Firma 3 M vorgeschriebene Mischungsverhältnis zu Anwendung, und zwar auf 1 g Paste, 0,01 ml Flüssigkeit. PALAVIT 55 wurde im Verhältnis von 1 g Pulver zu 0,58 ml Flüssigkeit gemischt. Bei SUPER-SYNTREX kamen auf 1 g Pulver 0,26 ml Flüssigkeit.

Es wurden in einer hochglanzpolierten Messingform von der Kantenlänge 1 cm x 6 cm und der Höhe 0,5 cm von jedem zu untersuchenden Füllmaterial drei Proben angefertigt. Nach einer primären Erhärtungszeit von zehn Minuten wurden die Oberflächen mit folgenden Materialien bearbeitet:

mit Siliziumkarbid-Papier, Korn 180,
mit Siliziumkarbid-Papier, Korn 320,
mit Siliziumkarbid-Papier, Korn 600,
mit Filz und Bimsstein (Nr. 6902) und schließlich
mit Filz und Schlämmkreide (Calc. carbonic. praec. DAB 6).

Die Oberflächenbearbeitung erfolgte mit einer Schleifmaschine der Firma JEAN WIRTZ (Type C 250/1). Es mußte naß geschliffen werden, um Hitzeschäden am Kunststoff zu vermeiden. Die Proben wurden jeweils 60 Sekunden radiär, 60 Sekunden tangential und wiederum 60 Sekunden radiär mit gleichem Andruck beschliffen.

Nach jedem Arbeitsgang wurden die Oberflächen profilographisch ausge-

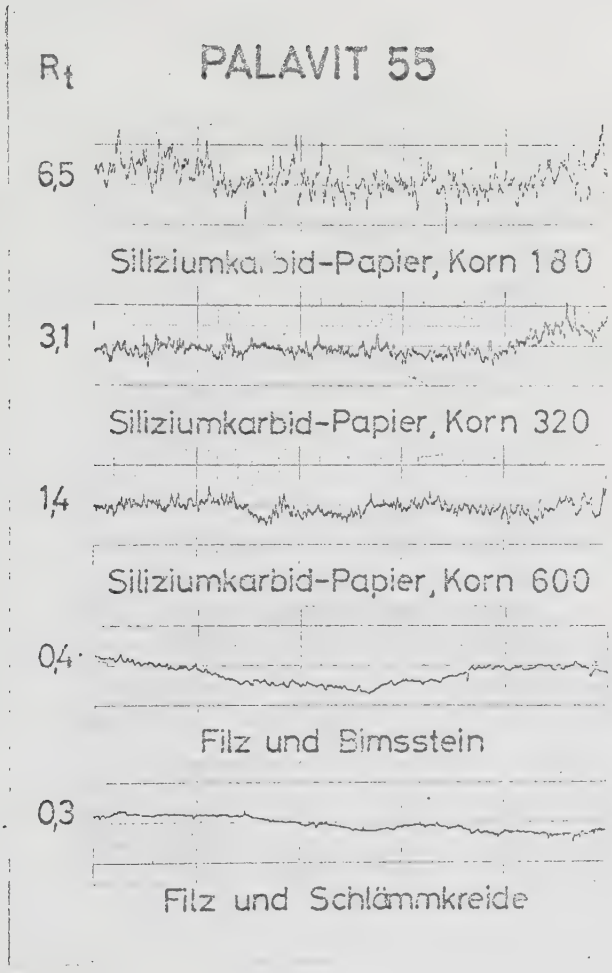


Abb. 4. Profilogramme von PALAVIT 55 nach verschiedener Oberflächenbearbeitung. Sie zeigen kontinuierlich abnehmende Rauhigkeitswerte bis zum Meßwert von 0,3 My.

Abb. 5. Profilogramme vom ADDENT 12 nach verschiedener Oberflächenbearbeitung: Die feinste Rauhigkeitsstufe von 1,6 My liegt bei Verwendung von Siliziumkarbid-Papier 600 vor. Bimsstein und Schlämmkreide rauhen die Oberfläche wieder auf.

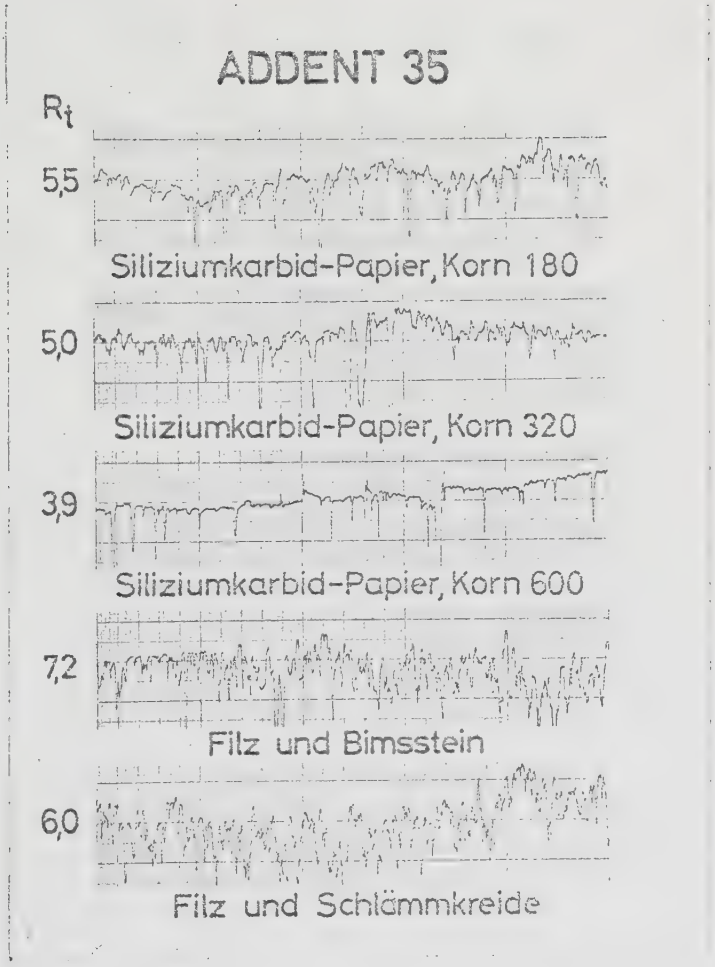


Abb. 6. Profilogramme von ADDENT 35 nach verschiedener Oberflächenbearbeitung. Die feinste Rauhigkeitsstufe von 3,9 My liegt bei Verwendung von Siliziumkarbid-Papier 600 vor. Bimsstein und Schlämmkreide rauhen die Oberfläche wieder auf.

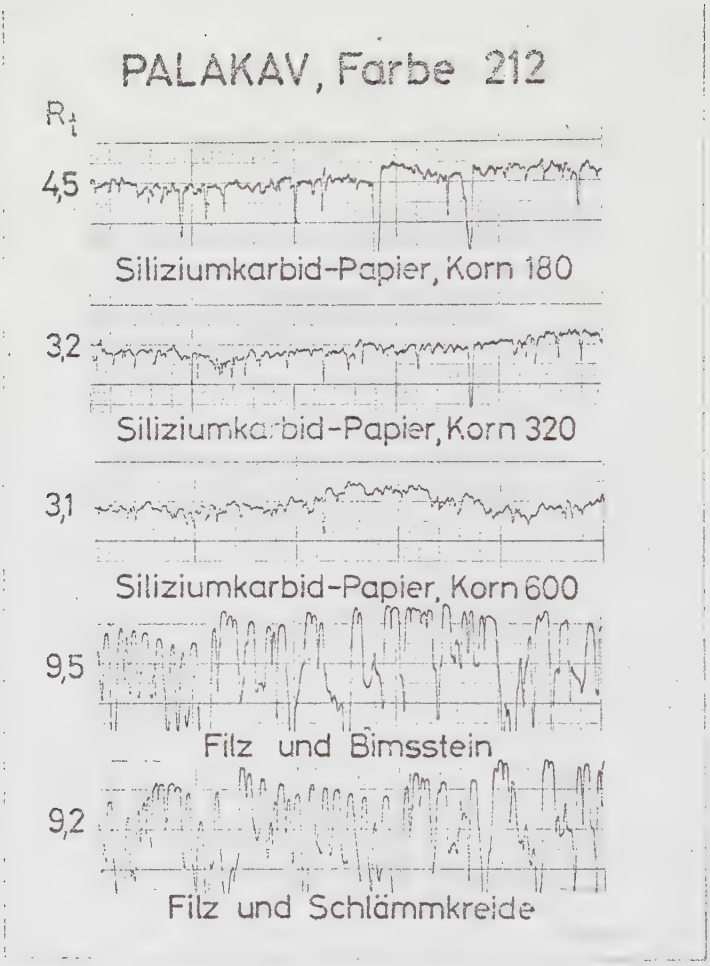


Abb. 7. Profilogramme vom PALAKAV (Farbe 212) nach unterschiedlicher Bearbeitung der Oberfläche. Die feinste Rauhigkeitsstufe von 3,1 My liegt bei Verwendung von Siliziumkarbid-Papier 600 vor. Bimsstein und Schlämmkreide rauhen wieder auf.

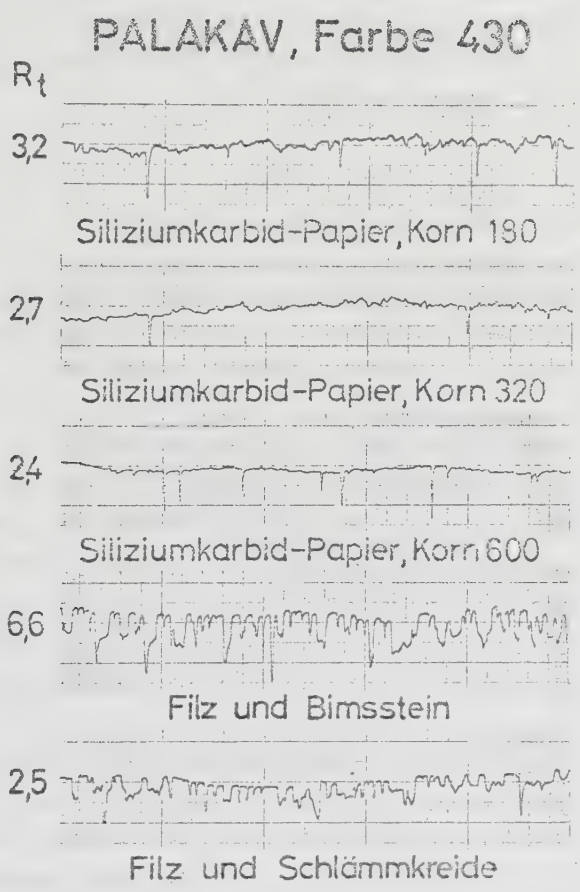


Abb. 8. Profilogramme vom PALAKAV (Farbe 430) nach unterschiedlicher Bearbeitung ihrer Oberfläche. Die feinste Rauhigkeitsstufe von 2,4 My liegt bei Verwendung von Siliziumkarbid-Papier 600 vor. Bimsstein rauht die Oberfläche wieder auf.

wertet. Der Profilograph (Typ FÖRSTER Nr. 5815) tastet mittels einer Diamantspitze die jeweilige Oberflächenbeschaffenheit ab und überträgt sie auf ein Profilogramm, wobei die Wiedergabe der Oberfläche vertikal mit 1000-facher und horizontal mit 20-facher Vergrößerung aufgezeichnet wird. Somit ist die Oberfläche auf dem Profilogramm in der Horizontalen um das 50-fache gestaucht dargestellt.

Versuchsergebnisse

Bei PALAVIT 55 ist entsprechend der abnehmenden Korngröße des Siliziumkarbid-Papiers, des Bimssteins und der Schlämmkreide eine bis in den Meßwert von 0,3 My reichende Oberflächenglättung zu erreichen (vgl. Abb. 4).

Anhand der Rauhigkeitswerte ist festzustellen, daß ADDENT 12 bei gleicher Bearbeitung kleinere Rauhigkeitswerte aufweist als ADDENT 35 (vgl. Abb. 5 und 6). Bemerkenswert ist, daß entsprechend der feiner werdenden Korngröße des Siliziumkarbid-Papiers die Rauhigkeit abnimmt, daß aber durch eine Weiterbearbeitung mit Bimsstein und Schlämmkreide die Oberfläche von ADDENT 12 und ADDENT 35 wieder aufgerauht wird.

Wie ADDENT 12 und ADDENT 35, so zeigt auch PALAKAV dieselben Erscheinungen: Die feinste Rauhigkeitsstufe ist bei den Kunststoffen ADDENT und PALAKAV durch das feinste Siliziumkarbid-Papier (Körnung 600) zu erreichen. Eine Aufrauhung der Oberfläche erfolgt durch Filz mit Bimsstein und Filz mit Schlämmkreide. Hierbei spielt es keine Rolle, welche Farbe des PALAKAV-Pulvers zur Herstellung der Proben verwendet wird (vgl. Abb. 7 und 8).

Zusammenfassend ist zu sagen, daß der schnellhärtende Kunststoff PALAVIT 55 zunächst mit Sandpapierstreifen, dann folgend mit Bimsstein und Schlämmkreide auf Hochglanz poliert werden kann (vgl. Abb. 4).

Der gleiche Weg führt aber beim ADDENT und PALAKAV nicht zum gleichen Erfolg: Die Oberfläche wird durch Bimsstein und Schlämmkreide wieder aufgerauht (vgl. Abb. 5 - 8). Die gleichen Befunde haben bereits LENZ und VIOHL (5) erhoben. Sie sind der Ansicht, daß beim Versuch der Oberflächenpolitur das weichere organische Material abgetragen wird, während das härtere anorganische Material stehenbleibt.

Da mit den bisher üblichen Schleif- und Poliermaterialien - Karborund, Bimsstein und Schlämmkreide - bei den Kunststoffen, die aus organisch-anorganischen Bestandteilen aufgebaut sind, keine Hochglanzpolierte Oberfläche zu erreichen war, folge ich nachstehend einem Vorschlag von BERLAGE (12): Nach der Zurichtung wird die Oberfläche abschließend mit gewachstem Siliziumkarbid-Papier-Korn 600 und Filz und Schlämmkreide bearbeitet. Mit Hilfe des gewachsten Siliziumkarbid-Papiers-Korn 600 - erreicht man eine gute Glättung der Oberfläche. Anschließend Schlämmkreide und Polierpaste anzuwenden ist nicht zu empfehlen, da diese Maßnahme wieder die Oberfläche aufrauht (vgl. Abb. 9 - 12). Somit ist eine weitere Politur der Oberfläche nach ihrer Bearbeitung mit gewachstem Siliziumkarbid-Papier - Korn 600 nicht möglich. Es ist denkbar, daß die Kunststoffoberfläche mit Hilfe des gewachsten Siliziumkarbid-Papiers möglicherweise nur deshalb "geglättet" wird, weil das Wachs, das sich zwangsläufig beim Schleifen erwärmt, in die Rillen der Oberfläche läuft und dadurch eine geringere Rauhtiefe vorgetäuscht wird. Um diese mögliche Fehlerquelle auszuschalten, werden die Oberflächen der Proben nach ihrer Bearbeitung mit heißem Wasser von 65 ^{o}C und anschließend mit ebenso heißem Wasser, dem ein wachslösendes Mittel (WAX-Eliminator) beigegeben ist, ausgebrüht. Danach erhält die Oberfläche wieder die ursprüngliche Rauhtiefe zurück (vgl. Abb. 13). Hiermit ist eindeutig bewiesen, daß die glattere Oberfläche nach der Bearbeitung mit gewachstem Sandpapier nur vorgetäuscht wird; die ursprüngliche Rauhtiefe der Oberfläche bleibt erhalten. Damit haben sich die anfänglich angestellten Überlegungen als richtig erwiesen, daß nämlich weder ein Feinschliff noch eine Politur im Sinne von BURKART und WEIKART (10) mit Hilfe

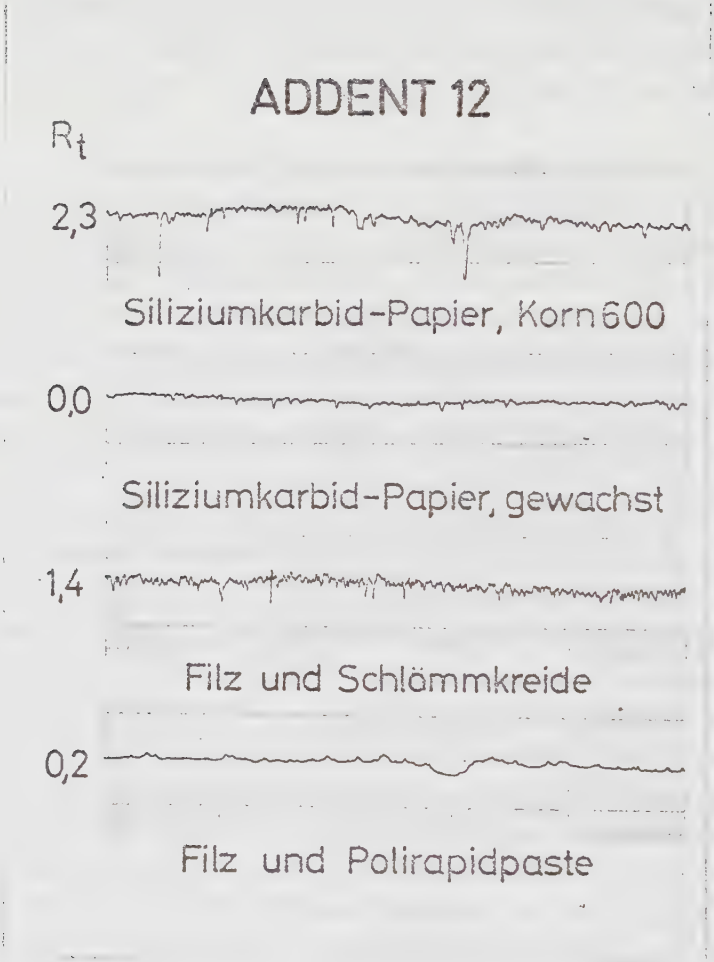


Abb. 9. Profilogramme von ADDENT 12. Die geringste Rauhigkeit der Oberfläche liegt nach der Bearbeitung mit dem gewachsten Siliziumkarbid-Papier - Korn 600 - vor. Schlämmkreide rauht die Oberfläche wieder auf. Die Polirapidpaste kann die Rauhigkeit zum Teil wieder vermindern.

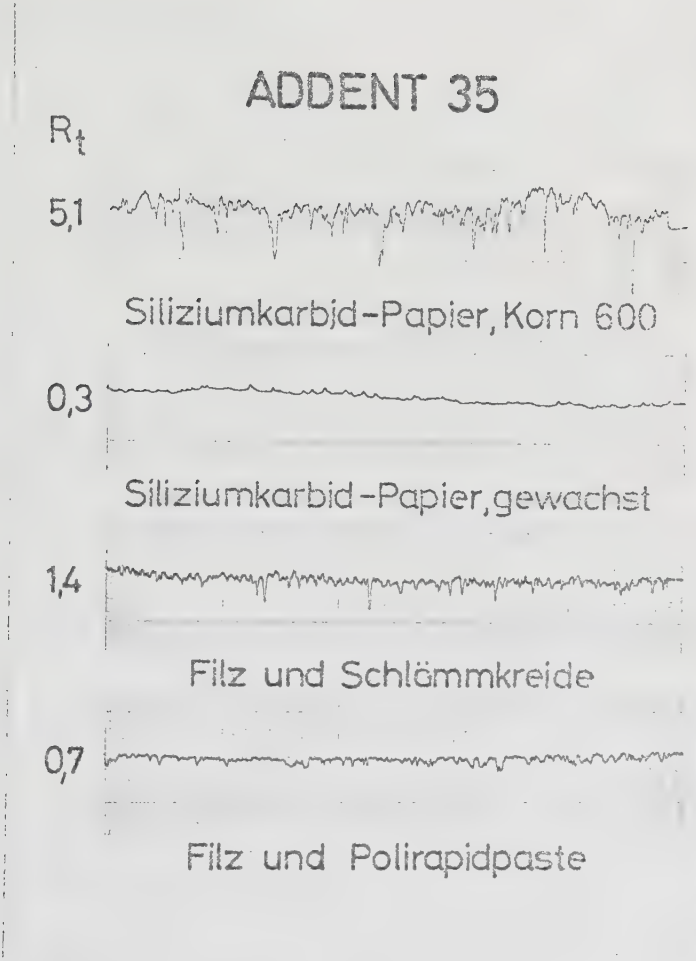


Abb. 10. Profilogramme von ADDENT 35. Die feinste Rauhigkeit von 0,3 My zeigt die Oberfläche nach Bearbeitung mit dem gewachsten Siliziumkarbid-Papier - Korn 600 -. Schlämmkreide rauht die Oberfläche um das Fünffache auf. Die Polirapidpaste glättet wieder bis zu einem Rauhigkeitswert von 0,7 My.

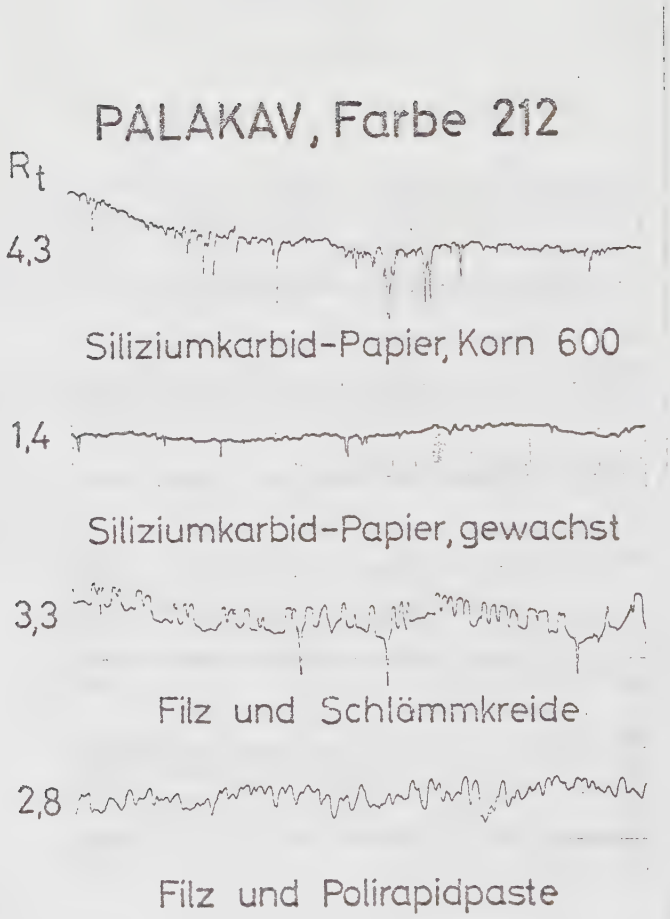


Abb. 11. Profilogramme von PALAKAV (Farbe 212). Die feinste Rauhigkeit von 1,4 My erhält die Oberfläche nach dem Beschleifen mit dem gewachsten Siliziumkarbid-Papier - Korn 600 -. Schlämmkreide rauht die Oberfläche wieder auf. Die Polirapidpaste glättet die Oberfläche nur unbedeutend.

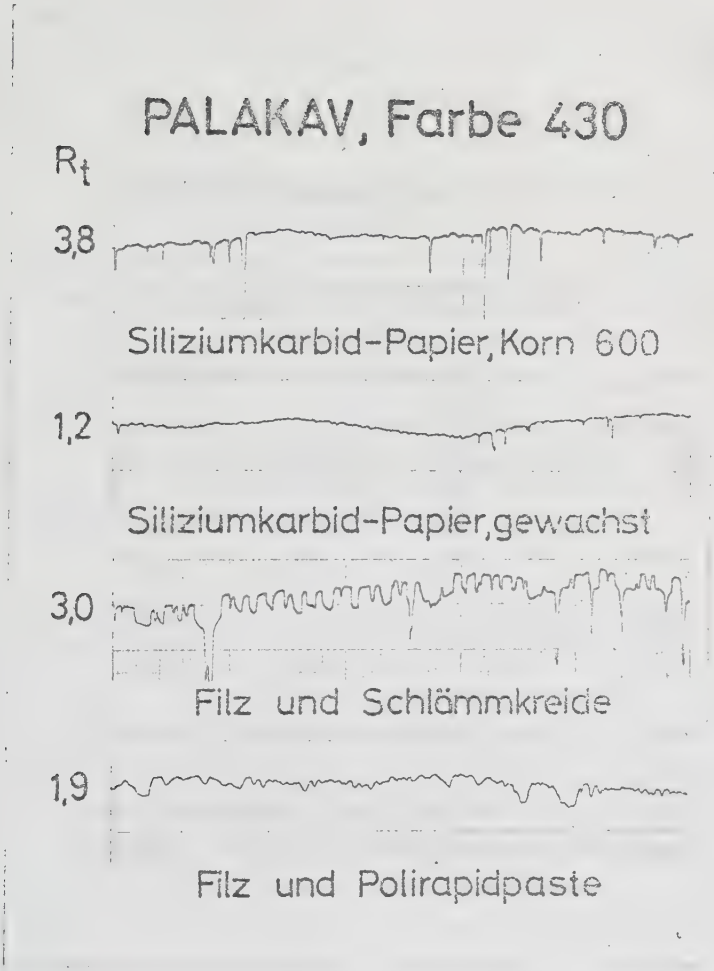


Abb. 12. Profilogramme von PALAKAV (Farbe 430). Die feinste Rauhigkeit von 1,2 My liegt auf der Oberfläche nach der Bearbeitung mit dem gewachsten Siliziumkarbid-Papier - Korn 600 - vor. Schlämmkreide rauht die Oberfläche über den doppelten Wert auf. Die Polirapidpaste glättet wieder die Oberfläche.

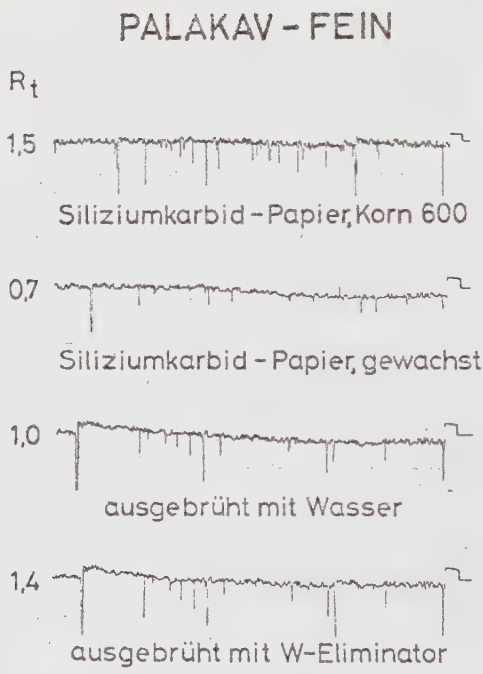


Abb. 13. Profilogramme von PALAKAV-fein. Die feinste Rauhigkeit von 0,7 My liegt auf der Oberfläche nach Bearbeitung mit dem gewachsten Siliziumkarbid-Papier vor. Bei der mit heißem Wasser übergossenen Oberfläche ist eine Steigerung der Rauhigkeit um 0,3 My festzustellen.

des gewachsten Papiers zu erzielen ist.

Bei dem letzten Versuch stand ein Kunststoff mit einer feineren Pulverkörnung zur Verfügung, den ich auch im folgenden als PALAKAV-fein bezeichne. PALAKAV-fein ist chemisch wie PALAKAV aufgebaut, lediglich sind hier die Glasperlen im Durchmesser kleiner als bei dem zunächst verwendeten Material. Erhärtet eine Füllung unter einer Matrize, sieht ihre Oberfläche fast hochglanzpoliert aus. Im folgenden soll deshalb die klinisch wichtige Frage beantwortet werden, ob eine weitere Glättung der Oberflächen von den Füllungen, die unter einem Matrizenband erhärten, erforderlich bzw. möglich ist. Abweichend von den bisherigen Versuchen wurde die Oberfläche nicht 60 Sekunden, sondern jetzt doppelt so lange - also 120 Sekunden radiär, 120 Sekunden tangential und wieder 120 Sekunden radiär - bearbeitet. Neben den anderen Füllungsmaterialien wurde zusätzlich PALAKAV-fein zu diesem Versuch herangezogen.

PALAVIT 55 zeigt unter einem Matrizenband erhärtet im unpolierten Zustand eine Rauhtiefe von 0,9 My. Sie kann durch eine Oberflächenbearbeitung auf 0,25 My gesenkt werden (vgl. Abb. 14). Für die Praxis bedeutet dieses Ergebnis, daß die unter einer Matrize erhärtete Oberfläche des PALAVIT 55 noch weiter geglättet werden kann. Dagegen darf beim ACHATIT/BICCHROMATIC nach der Entfernung der Matrize keine Oberflächenbearbeitung mehr erfolgen. Sie führt grundsätzlich wieder zu einer Aufrauhung der Oberfläche (vgl. Abb. 15). PALAKAV und PALAKAV-fein lassen sich nach der Erhärtung unter einem Matrizenband nicht wesentlich weiter glätten. Eine anschließende Oberflächenbearbeitung führt bei dem PALAKAV zu keiner signifikant kleineren Rauhtiefe (vgl. Abb. 16 und 17). Eine Verbesserung der Rauhtiefe konnte durch die Herstellerfirma erreicht werden, indem sie dem Pulveranteil des Kunststoffes feinere Glasperlen beifügte. Dieser Erfolg wird ersichtlich, wenn man die Rauhtiefen von PALAKAV und PALAKAV-fein nach der Bearbeitung mit

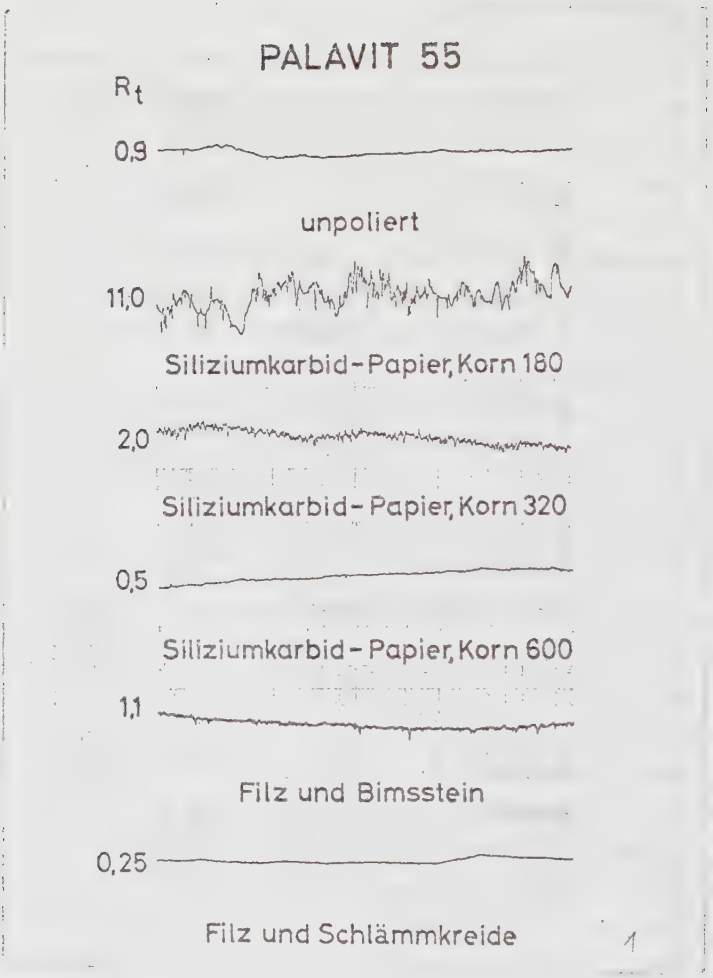


Abb. 14. Profilogramme des PALAVIT 55. Die Rauhigkeit der unpolierten Oberfläche konnte durch die Bearbeitung mit den üblichen Poliermitteln Filz und Schlämmkreide um das Vierfache herabgesetzt werden.

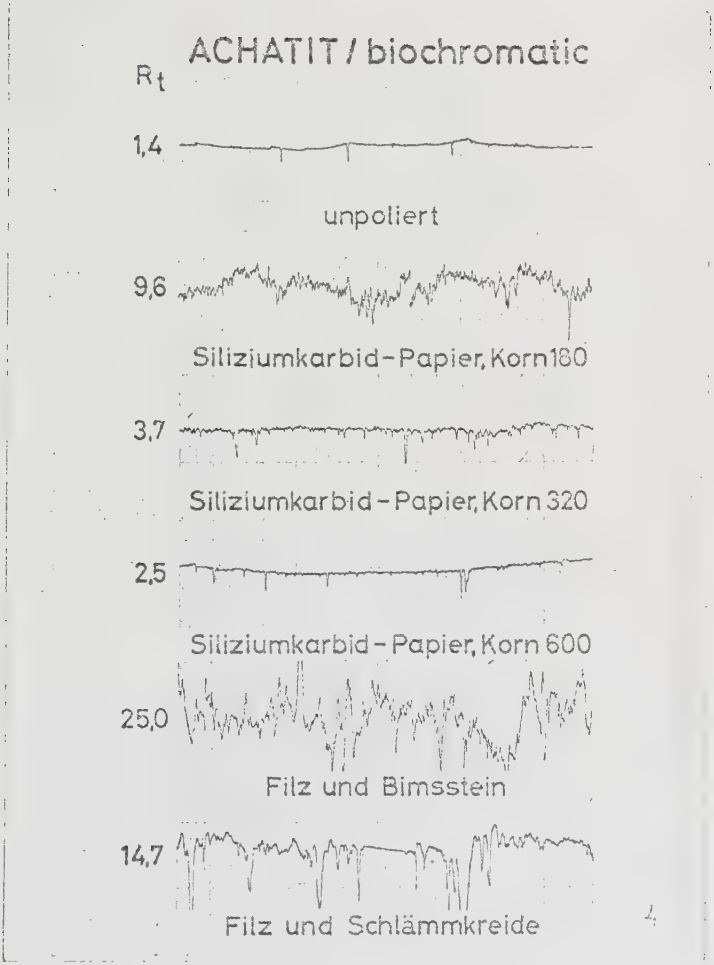


Abb. 15. Profilogramme des ACHATIT/BIOCHROMATIC. Die Rauhigkeitstiefe im unpolierten Zustand ist nur gering. Sie steigt nach der Oberfläche mit den verschiedenen Schleif- und Poliermitteln unterschiedlich stark an.

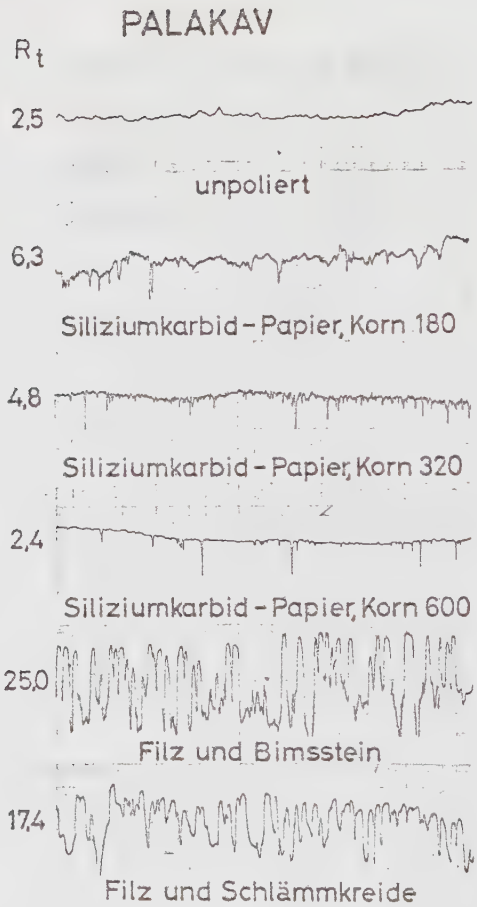


Abb. 16. Profilogramme des PALAKAV. Die Rauhigkeitstiefe von 2,5 My im unpolierten Zustand konnte durch Bearbeitung mit Sandpapier - Korn 600 - gerade wieder erreicht werden. Poliermittel - wie z. B. Filz und Bimsstein - rauhen die Oberfläche wieder auf.

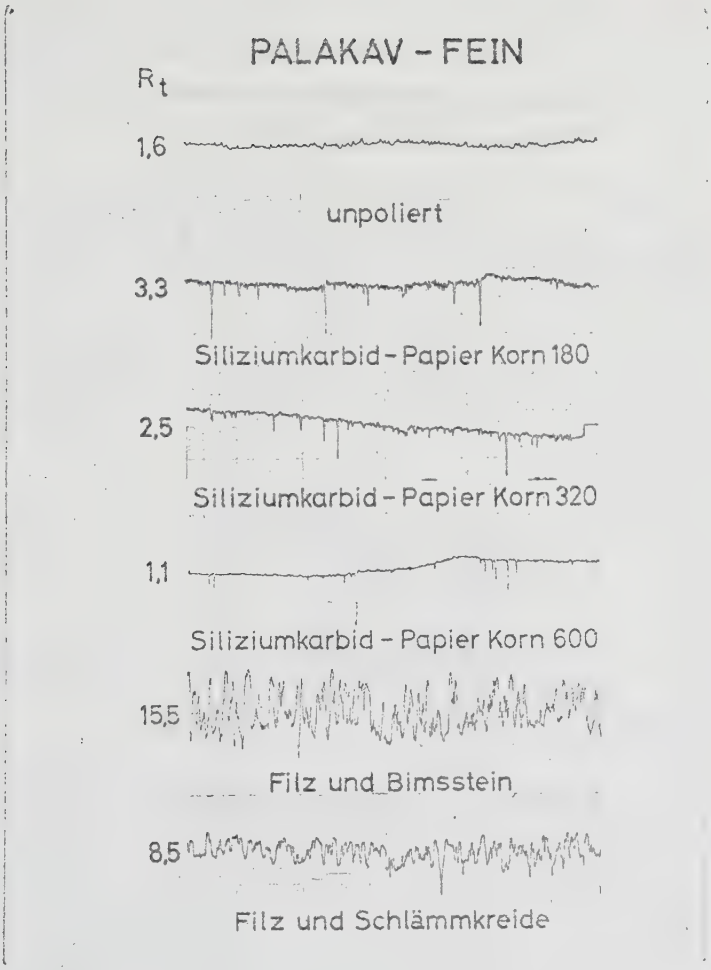


Abb. 17. Profilogramme des PALAKAV-fein. Bei PALAKAV-fein konnte der Rauhigkeitswert um 0,5 My durch das Siliziumkarbid-Papier - Korn 600 - verbessert werden.

den gleichen Schleifmitteln miteinander vergleicht (vgl. Abb. 16 und 17).

Auch LENZ und VIOHL (5) konnten schon feststellen, daß die Oberflächen-Politur beim PALAKAV nicht möglich ist. Sie erklärten diese Erscheinung damit, daß durch Bimsstein und Schlämmkreide das weiche organische Material abgetragen wird, während das anorganische Material, die Glasperlen, stehenbleiben oder herausgeschlagen werden.

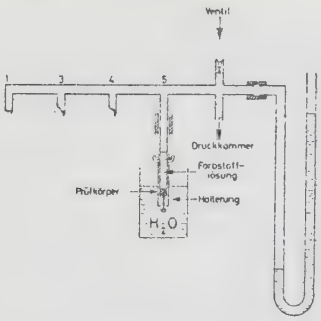
Beim ADDENT 12 und ADDENT 35, deren anorganische Anteile aus Glasperlen und Glasfasern bestehen sollen, konnten RIEDEL, VAHL und HAHNE (7) anhand elektronenmikroskopischer Aufnahmen beweisen, daß Spaltbildungen zwischen dem Kunststoff und den Glasfasern sowie Glasperlen auftreten. So ist erklärlich, wenn bei der Politur die Glaskugeln sogar herausgeschlagen werden können und eine aufgerauhte Oberfläche zurückbleibt.

III. Die Randständigkeit der Füllmaterialien in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis

Der Randschluß einer Füllung ist abhängig von der Volumenbeständigkeit und der Haftintensität des Kunststoffes. Da die Größe der Haftung eines Füllmaterials an einer Glaswand sehr gering ist und vernachlässigt werden kann, bestimmt man mit folgendem Versuchsverfahren die Volumenbeständigkeit. Diese ist ihrerseits wiederum von der Schrumpfung, dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der hydratativen Expansion des Kunststoffes abhängig.

Versuchsbeschreibung

Die Versuchsdurchführung verlief nach der Methode von SCHLEGEL und von HEYDEN (13): Glasröhrchen mit einem Innendurchmesser von 5 mm wurden mit 5 mm hohen Kunststoffproben verschlossen, die ohne Druck 30 Minuten aushärteten. Nachdem die Proben während 24 Stunden in Wasser von 37°C lagerten, wurden sie anschließend oberflächlich getrocknet, mit einer 0,3%igen Methylenblaulösung überschichtet und einem konstanten Druck von 150 p/cm^2 ausgesetzt. War ein Randspalt vorhanden, so strömte die Farbstofflösung zwischen Kunststoff und Glaswand hindurch. Die Durchflußmenge pro Zeiteinheit wurde durch Extinktionsmessungen bestimmt und diente als Maß für die Größe des Randspalts (vgl. Abb. 18).



Meßapparatur zur Bestimmung der Randspaltgröße von Füllungsmaterialien gegenüber Glas.

Abb. 18. Anordnung nach SCHLEGEL und von HEYDEN (13): An den Stellen, die mit den Ziffern 1 bis 5 beschriftet sind, befinden sich die Prüfkörper. Sie sind mit einer 0,3%igen Methylenblaulösung überschichtet und einem konstanten Druck von 150 p/cm^2 ausgesetzt. Die Prüfkörper sind in ein mit H_2O gefülltes Gefäß eingetaucht, so daß bei vorliegendem Randspalt die durchgetretene Menge Methylenblaulösung aufgefangen und durch Extinktionsmessung bestimmt wird. Sie dient als Maßstab für die Größe des Randspalts.

Versuchsergebnisse

In Abb. 19 sind die Versuchsergebnisse graphisch dargestellt: Bei allen geprüften Materialien ist die Randständigkeit gegenüber Glas unbefriedigend. Die Durchflußmenge beim PALAKAV ist etwa zehnmal größer als beim SUPER-SYNTREX, während die Werte für ADDENT 12 und ADDENT 35 sowie für PALAVIT 55 zwischen diesen beiden Extremwerten liegen.

In einem weiteren Versuch habe ich die Glaswand gegen eine Dentinwand ausgetauscht, um die Mundverhältnisse annähernd nachzuahmen. Die verwendeten Dentinröhrchen besaßen einen lichten Durchmesser von 2 mm und eine Höhe von ebenfalls 2 mm. Ansonsten wurden die Versuchsbedingungen konstant gehalten.

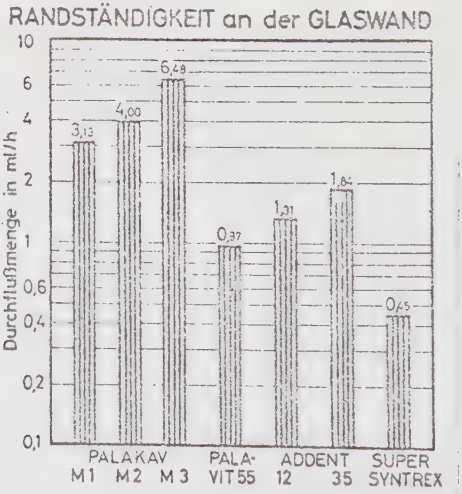


Abb. 19. PALAKAV in der Mischung M 3 zeigt die schlechteste, SUPER-SYNTREX die beste Randständigkeit. Dazwischen liegen die Werte der Kunststoffe PALAVIT 55 und ADDENT.

Das Ergebnis ist in Abb. 20 unter den mit dem Buchstaben v bezeichneten Meßsäulen graphisch dargestellt. Bei dem PALAKAV war kein Randspalt nachzuweisen. Das Ergebnis kann die Vermutung von MASUHARA (1, 3), GROSS (3) und FISCHER (3) stützen, daß PALAKAV in der Kavität mit dem Kollagen des Dentins eine Verbindung eingeht und dadurch ein absolut dichter Randschluß erfolgt. ADDENT 12 und ADDENT 35 schneiden bei diesem Versuch ausgesprochen schlecht ab: Sie weisen einen beträchtlichen Randspalt auf.

Im folgenden habe ich die Tatsache berücksichtigt, daß bei der Nahrungsaufnahme das Füllungsmaterial gewissen Temperaturschwankungen aus-

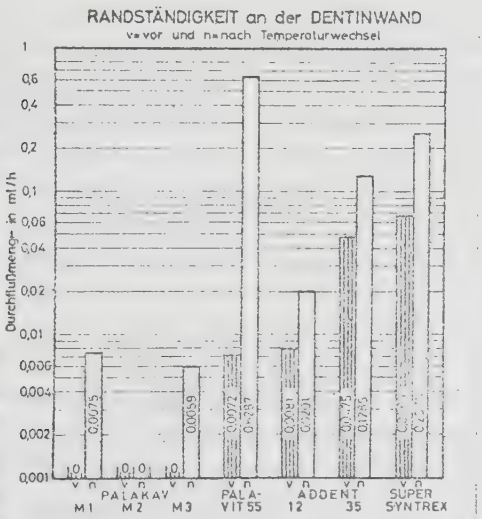


Abb. 20. Beim PALAKAV (v) konnte vor der Belastung durch das dreimalige Wechselbad in keinem der drei Mischungsverhältnisse ein Randspalt festgestellt werden. Bei den anderen Materialien war ein Randspalt aufgetreten. Am größten war er bei dem Silikatzement, kleiner bei ADDENT 35 und am geringsten bei PALAVIT 55 und ADDENT 12. (v= vor dem Wechselbad, n = nach dem Wechselbad).

gesetzt wird. Deshalb wurden die Dentinröhrchen mit den Kunststoffproben während 10 Minuten wechselweise dreimal in Wasser von 15°C und anschließend in Wasser von 65°C getaucht. Danach wurden die Proben wieder auf ihre Randständigkeit überprüft. Über die Randspaltgröße nach dem Wechselbad geben die mit n bezeichneten Meßsäulen in Abb. 20 Aufschluß. Die sich bei fast allen Füllungsmaterialien verschlechternde Randständigkeit beweist, daß durch das Wechselbad die innere Verbindung zwischen Kavitätenwand und Füllungsmaterial zum Teil zerstört wird. Bei dem ADDENT 12 und ADDENT 35 sowie dem Silikatzement SUPER-SYNTREX hat sich die Durchflußmenge verdoppelt bis verdreifacht. Beim PALAVIT 55 hat sie sich fast hundertfach vergrößert. Selbst PALAKAV in den Mischungsverhältnissen M 1 und M 3 besitzt keinen vollkommenen Randschluß mehr. Doch in Relation zu den anderen Füllmaterialien ist ihre Randständigkeit noch gut, die Durchflußmenge relativ gering. Wird PALAKAV von der von der Firma KULZER vorgeschriebenen Mischung (M 3) verwendet, ist auch nach der Temperaturbelastung kein Randspalt festzustellen.

IV. Reaktionswärme

Unsere Kunststoffe entwickeln bei der Polymerisation eine gewisse Reaktionswärme. Dabei interessiert es, ob die an das Dentin abgegebene Wärmemenge für die Pulpa schädlich sein kann. Aus diesem Grunde habe ich die Temperatur gemessen, die am Kavitätenboden während der Polymerisation entsteht.

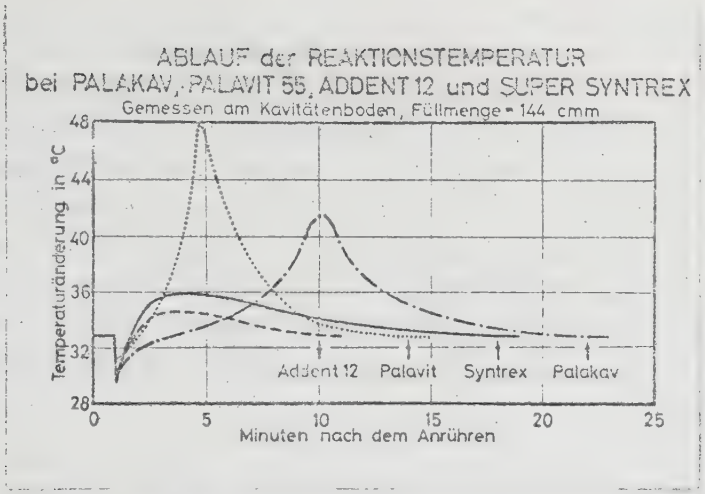


Abb. 21. Das Maximum der Reaktionswärme liegt bei 48 °C, die fünf Minuten nach dem Anrühren unter einer PALAVIT-Füllung erreicht wird. PALAKAV erwärmt den Kavitätenboden lediglich um 10 °C. Bei den anderen Materialien kommt es zu einem noch geringeren Temperaturanstieg im Dentin.

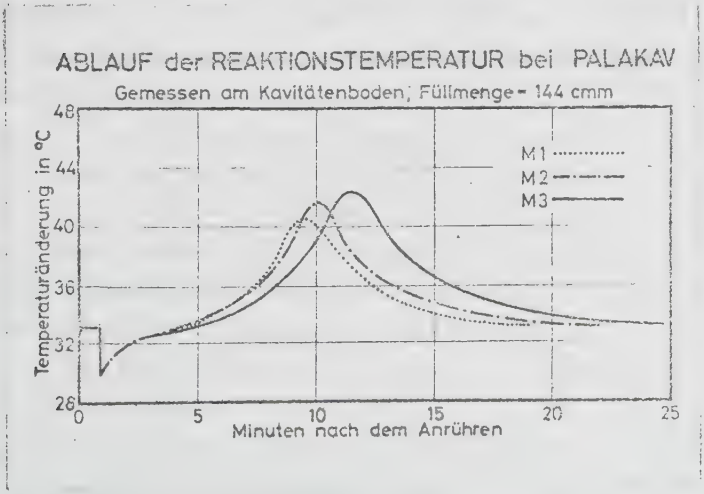


Abb. 22. Dick angerührte Mischungen (M 1) entwickeln eine geringere Reaktionswärme als dünn angerührte Mischungen (M 3).

Versuchsbeschreibung

Ein kariesfreier Molar wurde an der Occlusalfläche plan geschliffen. Glasröhrchen mit einem inneren Durchmesser von 3 mm und den Volumina von 77 mm^3, 107 mm^3, 144 mm^3 wurden auf die Schlifffläche des Zahnes gelegt und mit Kunststoff gefüllt. Der Kunststoff gab eine bestimmte Wärmemenge an das darunter gelegene Dentin ab. Im Dentin lag eine Thermocoax-Sonde, die die Temperatur des Hartgewebes über den PHILIPS-Comprecorder (Typ PR 2500) fortlaufend aufzeichnete. Der Zahn und die damit imitierte Kavität wurden in einem Thermoschrank auf Mundtemperatur (33° C) gehalten.

Versuchsergebnisse

Der Temperaturanstieg im Dentin während der Erhärtung der Füllmaterialien ist in Abb. 21 graphisch dargestellt. Wie zu erwarten war, erfolgte am Kavitätenboden zunächst ein Temperaturabfall, doch nach einigen Sekunden stieg die Temperatur schnell über den Ausgangswert von 33° C an. ADDENT 12 hatte seinen Kulminationspunkt bei 34° C erreicht, SUPER-SYNTREX bei 36° C, PALAKAV bei 41° C und PALAVIT 55 bei 48° C. Diese größte Erwärmung des Kavitätenbodens konnte bei ADDENT 12, SUPER-SYNTREX und PALAVIT 55 ungefähr fünf Minuten nach dem Anrühren der Füllmaterialien gemessen werden. Bei PALAKAV trat eine maximale Reaktionswärme erst 10 Minuten nach dem Anrühren ein. Alle Ergebnisse sind auf das Füllungsvolumen von 144 mm^3 bezogen.

Außerdem konnte festgestellt werden, daß die Zeit zur Erlangung des Temperaturmaximums von der Füllmenge und vom Mischungsverhältnis abhängig ist. Zwischen den Volumina von 77 mm^3, 107 mm^3 und 144 mm^3 besteht neben der Verzögerung des Kulminationspunktes eine Erhöhung der Reaktionstemperatur um 1 - 1,5 ° C.

Zwischen den Mischungsverhältnissen PALAKAV M 1, M 2 und M 3 kommt es zu einem unterschiedlichen Temperaturanstieg (vgl. Abb. 22). Auch ist der zeitliche Ablauf um etwa zwei Minuten verschoben: Die maximale Reaktionswärme tritt bei der Mischung M 1 nach 9,5 Minuten, bei der Mischung M 2 nach 10 Minuten und bei der Mischung M 3 nach 11,5 Minuten ein.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen läßt den Schluß zu, daß alle geprüften Füllungsmaterialien so geringe Wärmemengen an das Dentin abgeben, daß sie während ihrer Abbindephase die Pulpa thermisch nicht schädigen werden.

V. Farbbeständigkeit

Für alle Füllungsmaterialien im Frontzahnbereich ist es von besonderer Wichtigkeit, daß sie eine Farbbeständigkeit besitzen. Eine endogen bedingte Verfärbung des Kunststoffes läßt sich durch eine UV-Bestrahlung testen.

Versuchsbeschreibung

Prüfkörper aus SUPER-SYNTREX, ADDENT 12 und ADDENT 35 sowie PALAKAV in verschiedenen Farben wurden im Abstand von 20 cm mit einer UV-Lampe 3 und 6 Stunden lang bestrahlt. Dabei waren die Proben zur Hälfte mit einer Zinnfolie abgedeckt, um eine Vergleichsmöglichkeit zwischen der bestrahlten und unbestrahlten Oberfläche zu erhalten.

Versuchsergebnisse

Beim Silikatzement kann keine Bestrahlungsverfärbung festgestellt werden. Eine gelbliche Verfärbung zeichnet sich bei ADDENT 35 und ADDENT 12 ab, wobei die Verfärbung bei ADDENT 35 etwas ausgeprägter ist. PALAKAV hat sich fast nicht verfärbt. Dieser geringgradigen Verfärbung messe ich klinisch keine Bedeutung bei.

VI. Toxizität

Wie aus den vorausgegangenen Versuchen zu ersehen ist, besitzt PALAKAV zufriedenstellende physikalisch-chemische Eigenschaften. Vor der klinischen Erprobung ist noch zu klären, ob dieser Kunststoff auf die Pulpa schädigend wirkt. Aus diesem Grunde werden folgende tierexperimentelle Untersuchungen durchgeführt.

Versuchsanordnung

Mit Pentothal wurden vier Hunde narkotisiert und jeweils 28 Zähne pro Hund präpariert. Die Kavitäten wurden zunächst mit einem turbinengetriebenen Bohrer unter Wasserkühlung, anschließend mit einem langsam rotierenden Fissurenbohrer präpariert. Gefüllt wurden die Kavitäten mit DROPSIN, mit HARVARD-Phosphatzement (schnellhärtend, grau) oder mit PALAKAV 212, das nach Vorschrift der Firma KULZER angerührt wurde. Beim PALAKAV wurde auf eine Unterfüllung absichtlich verzichtet. Ein Hund wurde nach einem Tag, der zweite Hund nach vier Tagen, der dritte und vierte Hund nach vier Wochen getötet. Die Kieferabschnitte

mit den behandelten Zähnen wurden in Paraffin, die andere in Öl-Celloidin (14) eingebettet, geschnitten und gefärbt nach der Hämatoxylin-Benzopurpurin-Methode (15).

Versuchsergebnisse

Im histologischen Bild zeigt die Pulpa - ob der Zahn nun eine Kontrollfüllung aus DROPSIN oder PHOSPHAT-Zement oder eine Füllung aus PALAKAV trug, immer das gleiche Bild: Weder eine Hyperämie noch Anzeichen einer Entzündung liegen im Pulpagewebe vor. Der Odontoblastensaum ist regelrecht angelegt, die Weil'sche Zone ist erhalten und gefäßfrei. Zu erwähnen bleibt noch, daß ich bei diesen Kurzzeitversuchen weder unter den Kontrollfüllungen noch unter den PALAKAV-Füllungen in den korrespondierenden Füllungsabschnitten eine Produktion von Sekundärdentin beobachten konnte.

ZUSAMMENFASSUNG

Der neue schnellhärtende Kunststoff PALAKAV wurde werkstoffkundlich und tierexperimentell mit anderen Füllmaterialien zusammen untersucht.

Abschließend läßt sich feststellen:

1. PALAKAV enthält im Vergleich zu ADDENT und PALAVIT 55 einen relativ großen anorganischen Anteil an glasähnlichen Perlen, wodurch er eine so gute Transparenz erhält, daß die Eigenfarbe des Zahnes die endgültige Farbe der Füllung mitbestimmt.
2. Gegenüber PALAVIT 55 ist die Oberflächenbearbeitung von ADDENT 12 und ADDENT 35 sowie von PALAKAV mit den klinisch üblichen Poliermitteln nicht durchführbar. Eine Verbesserung der Oberflächenbearbeitung konnte duch die Herstellerfirma insofern erreicht werden, als daß der Durchmesser der Glasperlen im Pulveranteil verringert wurde. Damit ist eine Glättung der Oberfläche mit dem Siliziumkarbid-Papier (Korn 600) bis auf 1,1 My möglich.
3. Im Vergleich zu SUPER-SYNTREX, ADDENT 12 und ADDENT 35 sowie zu PALAVIT 55 zeigt PALAKAV in Bezug auf die Randständigkeit ausgezeichnete Eigenschaften. Selbst nach Temperaturbelastung ist zwischen Dentin und PALAKAV kein Randspalt feststellbar.
4. Der Kulminationspunkt der Reaktionswärme von PALAKAV liegt bei 41 °C, somit zwischen den Werten von ADDENT 12 und ADDENT 35, SUPER-SYNTREX und PALAVIT 55. Damit kann PALAKAV während seiner Polymerisation der Pulpa keine thermische Schädigung zuführen.
5. Durch die intensive UV-Bestrahlung kann bei SUPER-SYNTREX keine, bei ADDENT 12 und ADDENT 35 dagegen eine bräunliche Verfärbung hervorgerufen werden. PALAKAV zeigt eine so geringfügige Verfärbung, der ich klinisch keine Bedeutung beimesse.
6. Hinsichtlich der Toxizität kann in den Kurzzeitversuchen (Applikationsdauer der Füllungen bis zu 4 Wochen) keine Pulpaschädigung festgestellt werden. Weder eine Hyperämie noch eine Entzündung liegt im Pulpagewebe vor. Eine Bildung von Sekundärdentin ist nicht nachweisbar.

SCHRIFTTUM

1. MASUHARA, E.: Über die Chmie eines neuen haftfähigen Kunststoff-Füllmaterials.
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 620 (1969). -

2. GODT, H.: Über die physikalisch-chemischen Eigenschaften der 3-M-ADDENT-Produkte.
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 529 (1969). -

3. FISCHER, C. H., GROSS, A. und MASUHARA, E.: Erste Erfahrungen mit einem neuen Kunststoff-Füllungsmaterial.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 209 (1968). -

4. HERMANN, D. und VIOHL, J.: Klinische Untersuchungen mit einem neuen Kunststoff-Füllungsmaterial.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 212 (1968). -

5. LENZ, H. und VIOHL, J.: Werkstoffkundliche Untersuchungen mit einem neuen Kunststoff-Füllungsmaterial.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 218 (1968). -

6. SCHULZ, P. und WILSTERMANN, G.: Versuch der Anwendung von PALAKAV bei Kronenfrakturen.
Zahnärztl. Rdsch. 78, 823 (1969). -

7. RIEDEL, H. von, VAHL, J. und HAHNE, D.: Untersuchungen über die Mikromorphologie von 3-M-ADDENT 35 mit Hilfe des Oberflächen-Raster-Elektronenmikroskopes.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 199 (1968). -

8. KÖRBER, E.: Oberflächenbearbeitung zahnärztlicher Kunststoffe.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 562-572 (1966). -

9. MEYER, H.: Über Verfärbung an der Oberfläche von Prothesenkunststoffen infolge fehlerhafter Bearbeitung mit besonderer Berücksichtigung der sogenannten Spannungsrisse.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 572-578 (1960). -

10. BURKART, W. und WEIKART, P.: Neuerungen beim Polieren von Kunststoffen.
Kunststoffe 45, 540-542 (1955). -

11. JUNG, T.: Schleif- und Poliermittel.
In: Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihre Verarbeitung.
Berlinische Verlagsanstalt, Berlin 1960. -

12. BERLAGE, A.: Experimentelle Untersuchungen zur Praxis und Theorie der Politur dentaler Kunststoffe.
Diss. Münster 1966. -

13. SCHLEGEL, H. und HEYDEN, H. J. von: Kapillarspaltungen an Kunststoff-Füllungen und die daraus abgeleitete Notwendigkeit einer Dentinkonservierung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 6, 245 (1952). -

14. KULENKAMPFF, H.: Eine vereinfachte Öl-Celloidin-Methode zur Herstellung dünner Großschnitte.
"Mikroskopie" 23, 352 (1968). -

15. SPECHT, W.: Hämatoxylin-Benzopurpurin Färbung.
Aus persönlichen Mitteilungen. -

Abschließend erlaube ich mir, Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Stüben für die Bereitstellung des Themas und seine freundliche Unterstützung bei der Bearbeitung desselben aufrichtig zu danken.

LEBENSLAUF

Ich, Gustav Kootz, wurde am 20. Juli 1939 in Dudweiler als erstes Kind des Zahnarztes Dr. Gustav Kootz und seiner Ehefrau Salome, geb. Unterkeller, geboren. Von 1945 - 1950 besuchte ich die evangelische Volksschule in Dudweiler. Ab Herbst 1950 war ich Schüler am Staatlichen Realgymnasium in Sulzbach und schied mit der Reifeprüfung zu Ostern 1961 aus.

Zum Wintersemester 1961/62 immatrikulierte ich mich an der Bergakademie Clausthal-Zellerfeld und studierte bis zum Sommersemester 1964 Bergbau. Im Sommersemester 1965 begann ich an der Universität des Saarlandes mit dem Studium der Zahnheilkunde. Nach dem dritten Semester legte ich das Vorphysikum und nach dem siebten das Physikum ab. Am 13. Juli 1971 bestand ich die zahnärztliche Prüfung mit dem Ergebnis "Gut". Vom 1. August 1971 bis 15. Mai 1973 war ich als Assistenzzahnarzt an der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Homburg tätig. Anschließend arbeitete ich als Assistent in der freien Praxis.